

L'Ateneo e il mondo della scienza

Luigi Dei, Daniele Dominici, Massimo Mazzoni, Cora Ariane Droescher, Marco Benvenuti, Paola Bruni, Paola Turano, Giuseppe Anichini, Samuele Antonini, Luigi Barletti, Luigi Brugnano, Lorenzo Fusi, Veronica Gavagna, Carla Rampichini, Antonella Salvini, Pierandrea Lo Nostro¹

1. Introduzione

Nei cento anni di vita che questi volumi celebrano, prodigiosi sono stati i progressi della scienza nelle sue varie discipline. Solo per dare un'idea dell'enorme distanza fra il conosciuto di oggi e ciò che era noto alla fine del 1924: la struttura fine del nucleo pressoché ignota, l'ottica quasi ancora galileiana, la

¹ Luigi Dei ha scritto il par. 1, Daniele Dominici e Massimo Mazzoni il par. 2, Cora Ariane Droescher e Marco Benvenuti il par. 3, Paola Bruni e Paola Turano il par. 4, Giuseppe Anichini, Samuele Antonini, Luigi Barletti, Luigi Brugnano, Lorenzo Fusi, Veronica Gavagna e Carla Rampichini il par. 5 e Antonella Salvini, Luigi Dei e Pierandrea Lo Nostro il par. 6.

Luigi Dei, University of Florence, Italy, luigi.dei@unifi.it, 0000-0002-1654-3603
Daniele Dominici, University of Florence, Italy, daniele.dominici@unifi.it, 0000-0002-4701-2012
Massimo Mazzoni, Fondazione Osservatorio Ximeniano, Italy, mmazzoni.astro@hotmail.com, 0000-0003-2020-8864
Cora Ariane Droescher, University of Florence, Italy, coraariane.droescher@unifi.it, 0000-0002-5576-8039
Marco Benvenuti, University of Florence, Italy, m.benvenuti@unifi.it, 0000-0003-1344-8421
Paola Bruni, University of Florence, Italy, paola.bruni@unifi.it, 0000-0002-1151-3413
Paola Turano, University of Florence, Italy, paola.turano@unifi.it, 0000-0002-7683-8614
Giuseppe Anichini, University of Florence, Italy, giuseppe.anichini@unifi.it, 0000-0002-5980-1385
Samuele Antonini, University of Florence, Italy, samuele.antonini@unifi.it, 0000-0001-8366-5291
Luigi Barletti, University of Florence, Italy, luigi.barletti@unifi.it, 0000-0003-2111-2813
Luigi Brugnano, University of Florence, Italy, luigi.brugnano@unifi.it, 0000-0002-6290-4107
Lorenzo Fusi, University of Florence, Italy, lorenzo.fusi@unifi.it, 0000-0002-1731-7253
Veronica Gavagna, University of Florence, Italy, veronica.gavagna@unifi.it, 0000-0002-2254-7838
Carla Rampichini, University of Florence, Italy, carla.rampichini@unifi.it, 0000-0002-8519-083X
Antonella Salvini, University of Florence, Italy, antonella.salvini@unifi.it, 0000-0003-0009-2331
Pierandrea Lo Nostro, University of Florence, Italy, pierandrea.lonostro@unifi.it, 0000-0003-4647-0369
Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)
FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Luigi Dei, Daniele Dominici, Massimo Mazzoni, Cora Ariane Droescher, Marco Benvenuti, Paola Bruni, Paola Turano, Giuseppe Anichini, Samuele Antonini, Luigi Barletti, Luigi Brugnano, Lorenzo Fusi, Veronica Gavagna, Carla Rampichini, Antonella Salvini, Pierandrea Lo Nostro, *L'Ateneo e il mondo della scienza*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0282-4.31, in *Firenze e l'Università. Passato, presente e futuro*, edited by Comitato per le celebrazioni dei 100 anni dell'Ateneo fiorentino, pp. 323-338, 2024, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0282-4, DOI 10.36253/979-12-215-0282-4

meccanica quantistica in via di sviluppo senza alcuna significativa e rivoluzionaria applicazione, l'astronomia in fase di transizione tra la tradizione basata su tubi e lenti e i primi tentativi di integrare i fenomeni celesti con le leggi della nuova fisica, gli antibiotici da scoprire, così come miriadi di farmaci oggi alla portata, il DNA ben lungi dal divenire acronimo di fama mondiale, vaccini ancora fermi a quello contro il vaiolo. Polimeri, chi erano costoro? La chimica dei complessi di coordinazione e dei materiali magnetici neppure adolescente e con essa la catalisi, i colloidali e i grandi sentieri della chimica organica di sintesi. Poi le scienze naturali e geologiche legate al descrittivismo fenomenologico, con la storica eccezione della Grande Spedizione De Filippi, 1914-1915, composta quasi esclusivamente da docenti fiorentini, per verificare sull'Himalaya il modello dell'isostasia, la matematica e la statistica ignare delle incredibili potenzialità applicative in terreni assolutamente impensabili e inesplorati fino ad allora, per concludere con la scienza dell'informazione, che solo qualche decennio più tardi avvierà una delle più sconvolgenti rivoluzioni scientifico-tecnologiche della storia dell'umanità. È sufficiente scorrere la lista dei Premi Nobel per la chimica, la fisica e la medicina o fisiologia dal 1925 a oggi per avere un quadro da vertigine su cosa ha prodotto la scienza in cento anni. E l'Ateneo, dunque, come si è rapportato a queste correnti di pensiero e azioni sperimentali? A partire dal suo docente Enrico Fermi (Casalbuoni, Dominici e Pelosi 2019), che sviluppa proprio agli esordi dell'Università degli Studi di Firenze la statistica che porterà poi il suo nome insieme a quello di Paul A. M. Dirac, l'Ateneo ha costantemente sviluppato le ricerche scientifiche, la didattica che da esse conseguiva nel tempo e il successivo trasferimento tecnologico, in perenne sinergia e armonia con i progressi realizzati dalle équipes di ricerca che diventavano vieppiù internazionali e globalizzate. Sono nati gruppi di ricerca considerati eccellenti a livello internazionale nella chimica, nella fisica, nelle scienze biologiche, geologiche e naturali, nella matematica e statistica e infine nell'informatica, la disciplina più giovane, oggi regina anche nella nostra quotidianità. Un Ateneo attentissimo allo sviluppo del pensiero scientifico e alle sue rivoluzioni, ma anche partecipe e promotore con i suoi ricercatori più creativi e propositivi, un Ateneo che in virtù di questa sensibilità ha realizzato significative affermazioni sia nella ricerca scientifica di base che in quella con valenza più applicativa.

Tenendo conto dell'impostazione generale del presente volume – l'Ateneo e la sua relazione centenaria con la città – all'interno del quale si colloca il presente capitolo, giova premettere che nel secolo di cui stiamo parlando il mondo della scienza è quello che più di ogni altro ha vissuto una stagione, destinata a essere irreversibile, di totale internazionalizzazione proprio nel segno distintivo tipico della *universitas*. È arduo, pertanto, raccontare un secolo di storia dei rapporti dell'Ateneo con il mondo della scienza in un'ottica circoscritta alla *civitas*. In effetti, i rapporti fra l'Ateneo e la scienza non possono che essere inquadrati e compresi solo in uno scenario in cui la relazione centenaria è fondamentalmente con il mondo, piuttosto che con la città. In particolare, a partire dalla seconda metà del secolo XX gli scienziati hanno adottato una lingua comune – l'inglese tecnico-scientifico, una sorta di esperanto – che unito a formule, equazioni e

grafici ha reso questa comunità davvero planetaria. I ricercatori-scienziati dell'Ateneo – volutamente s'ignorano le gerarchie accademiche – hanno ospitato le menti più brillanti provenienti dai laboratori all'avanguardia d'ogni Paese e di converso sono stati accolti con stima e ammirazione dai medesimi laboratori, a costituire gruppi di ricerca gioiosamente multi-etnici, multi-culturali e anche multi-linguistici, a dispetto di quel mezzo comunicativo che hanno adottato per rendere i risultati della ricerca esportabili in tempo reale. Sono sbocciate, e poi fiorite, numerose eccellenze in tutte le specifiche branche del sapere scientifico e, grazie alla creatività di vere e proprie scuole costituite dall'imprescindibile legame fra maestri e allievi, l'Ateneo può oggi vantare prestigiose realtà di ricerca apprezzate in Italia e all'estero.

È indubbio che nel prosperare di questa fervida attività di ricerca dell'Ateneo, finalizzata a illuminare i numerosi misteri ancora oscuri circa il perché accade ciò che accade e costruire algoritmi, idee, metodologie di analisi e calcolo per ampliare lo spettro del conoscibile, la città sia stata elemento catalizzante come attrattore culturale, sinergico con la valentia dei nostri ricercatori, per la promozione e lo sviluppo di salde, fruttuose e proficue relazioni con gli scienziati più creativi che durante gli anni hanno dominato la scena nel mondo intero. Lo scrittore americano Robert A. Clarke, nel suo libro *Dark water. Art, Disaster, and Redemption in Florence* scrive: «There is Florence and there is Firenze. Firenze is the city where the citizens of the capital of Tuscany live and work. Florence is the place where the rest of us come to look». Parafrasando, potremmo dire che Firenze è il luogo dove vivono e lavorano i cittadini-scienziati dell'Ateneo che ha sede nel capoluogo regionale della Toscana, mentre Florence è il posto dove il resto degli scienziati viene per visitare le sue bellezze artistiche e culturali, ma anche per cooperare e collaborare in ricerche scientifiche di frontiera.

Fatto salvo quanto sopra ricordato circa l'eccellente contributo portato dai vari scienziati che per un secolo hanno operato nell'università fiorentina in questo orizzonte planetario, al fine di rispettare il tema prescelto per questo volume circa la relazione centenaria con la città, articoleremo la narrazione del rapporto dell'Ateneo con il mondo della scienza secondo un percorso sia disciplinare che interdisciplinare, che tessa un arazzo selezionando quelli che, a parere di chi scrive, sono stati i filati più significativi per la costruzione di uno scorcio di panorama, che abbracci le varie discipline in contesti che richiamino quanto più possibile la relazione con la città e con il mondo produttivo, nelle sue molteplici sfaccettature. L'esordio sarà per la fisica perché la pietra miliare Enrico Fermi è troppo importante per non essere l'incipit. Seguirà un *excursus* sulla storia naturale con le discipline a essa collegate, che sono quelle riconducibili al prezioso e d'instimabile valore Museo di Storia Naturale dell'Ateneo, fiore all'occhiello, insieme al Museo Galileo, della Firenze scientifica. Nell'ordine si racconterà di studi strutturali e biochimici di molecole a interesse biologico per lo sviluppo di nuovi farmaci e vaccini nell'ambito di una realtà, quella fiorentina, in cui dal Dopoguerra a oggi si è assistito alla fioritura di un vero e proprio distretto industriale a questi temi legato; a seguire sarà il tema delle scienze matematiche,

statistiche e informatiche con le loro straordinarie e fantastiche ricadute applicative nell'ambito dell'istruzione, delle imprese, della sanità, della sicurezza informatica e dell'analisi dei cosiddetti *big data*. La conclusione del capitolo non poteva che essere riservata al contributo della scienza per la conservazione e il restauro dei beni culturali, una sorta di nuova inter-scienza, potremmo definirla, nata proprio nella nostra città all'indomani dei tragici eventi dell'alluvione del 4 novembre 1966.

2. Dalle stelle ai laser e agli acceleratori: ricerca di base e sviluppi applicativi

La sinergia tra ricerca scientifica accademica e attività artigianali e industriali dell'area fiorentina inizia già nel XIX secolo grazie all'Istituto di Astronomia: infatti mentre per la Fisica sperimentale di allora bastavano laboratori allestiti dalle proprie maestranze, i grandi strumenti astronomici obbligavano a rivolgersi all'esterno. Primi furono gli astronomi Giovan Battista Amici e Giovan Battista Donati: negli anni Sessanta quest'ultimo promosse lo sviluppo di competenze di ottica e di meccanica di precisione necessarie per la strumentazione dell'Osservatorio astronomico e di quello meteorologico, organizzando una piccola officina esterna: da questo seme nacquero le Officine Galileo, oggi parte del gruppo Leonardo.

Nel 1918 per iniziativa di Antonio Garbasso, direttore del Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Studi Pratici e di Perfezionamento, e di Luigi Passignoli, direttore delle Officine Galileo, fu creato il Laboratorio di Ottica e di Meccanica di precisione, la cui direzione nel 1927 fu affidata a Vasco Ronchi, che iniziò corsi di ottica pratica e di abilitazione all'arte di Ottico, laboratorio che tre anni dopo divenne l'Istituto Nazionale di Ottica (Casalbuoni, Dominici e Mazzone 2021). Nel 1969 i corsi furono trasferiti a Vinci dove iniziarono, primi in Italia, anche corsi di Optometria. L'iniziativa portò ad un maggior coinvolgimento del territorio, con la creazione nel 1981 dell'IRSOO (Istituto Regionale di Studi Ottici e Optometrici) da parte di dieci comuni del comprensorio Empolese Val d'Elsa; nel 1998 fu istituito, in collaborazione con l'ateneo fiorentino, il diploma universitario in Ottica tecnica e nel 2000 il Corso di laurea in Ottica poi trasformato in quello di Ottica e Optometria.

Nell'ambito dell'elettronica, una figura molto importante per l'impulso dato ai rapporti tra le ricerche scientifiche e le conseguenti ricadute sul territorio è stato Nello Carrara, compagno di studi di Enrico Fermi alla Scuola Normale di Pisa e dal 1955 professore di Onde elettromagnetiche all'Università di Firenze. Esperto di elettronica e di microonde, consulente delle Officine Galileo e della Magneti Marelli, negli anni successivi alla Seconda guerra mondiale creò a Firenze il Centro Microonde. Carrara, che nel 1936 aveva costruito un prototipo di radar italiano insieme all'ingegner Ugo Tiberio dell'Accademia Navale di Livorno, indirizzò la produzione della ditta fiorentina Segnalamento Marittimo e Aereo, SMA, dalla strumentazione ottica a quella dei radar e fu la prima industria italiana a realizzarli nel 1948; nei decenni successivi si affermò come azienda leader nelle telecomunicazioni lavorando soprattutto per la Ma-

rina Militare Italiana e installando anche il radiotelescopio dell'Osservatorio astronomico con l'assistenza del direttore Guglielmo Righini. Anche la SMA è oggi parte del gruppo Leonardo.

Iniziative più recenti, dagli studi di interazione della luce con la materia biologica svolti al LENS (Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non-Lineare) e al Dipartimento di Fisica, alla microscopia in superisoluzione che permette di vedere singole molecole nelle cellule, all'*imaging* di tessuto patologico, come i tumori od i meccanismi di propagazione dei segnali in tessuti cardiaci o neurali, hanno consentito di mettere a punto nuove strategie di riabilitazione *after stroke*, di intervenire sul cervello umano stimolandolo con la luce e di ricostruirne la mappatura con risoluzioni miliardi di volte superiori alla risonanza magnetica nucleare. Tali attività hanno portato alla realizzazione di uno *spin off* universitario e di un'azienda partecipata.

In stretto contatto con industrie aerospaziali (ad esempio la CAEN) operanti sul territorio della Toscana, un gruppo di fisici fiorentini insieme alla locale Sezione INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) è stato coinvolto in vari esperimenti sui raggi cosmici (Pamela, Calet, HERD): la sinergia con queste imprese ha consentito di sviluppare importanti progetti con significative ricadute tecnologiche. Inoltre, questi rapporti hanno permesso, anche col sostegno della Regione Toscana, molteplici iniziative di formazione dei giovani, alcuni dei quali hanno poi trovato lavoro nell'ambito di tali aziende.

Un'altra interessante attività in collaborazione con l'INFN è costituita dalla muografia, una tecnica altamente innovativa e non invasiva, che consente l'analisi di strutture interne sia a livello geologico sia a livello di ingegneria civile, come gli interni degli edifici e opere di mitigazione del rischio idrogeologico. Dopo vari studi preliminari tra cui l'invaso del Bilancino, gli argini fluviali dell'Arno e del torrente Bure, e il complesso minerario del Temperino (Campiglia Marittima), il gruppo di ricerca ha stipulato un accordo con Opera del Duomo, al fine di monitorare la cupola del Brunelleschi con misure muografiche: il progetto ha come obiettivo l'esecuzione di rilevamenti delle strutture portanti interne ed anche di accertare l'eventuale presenza della catena di ferro che alcuni studiosi ipotizzano sia stata impiegata a sostegno della cupola.

Varie sono le applicazioni delle tecniche di analisi con fasci di ioni, storicamente iniziate all'acceleratore KN3000 e poi continuate al LABEC (Laboratorio di tecniche nucleari per l'Ambiente e i Beni Culturali, ospitato presso la sezione di Firenze dell'INFN e gestito insieme da INFN e dal Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze); tra queste va ricordato in particolare lo studio della composizione del particolato atmosferico (PA) per individuarne le sorgenti e quantificarne il contributo relativo: informazioni fondamentali per lo sviluppo di efficaci politiche di riduzione dell'inquinamento. I risultati del progetto europeo LIFE+ AIRUSE sono stati citati in documenti governativi europei, e utilizzati, insieme a quelli del progetto PATOS finanziato dalla Regione Toscana, per aggiornare il piano di gestione della qualità dell'aria. Un'altra linea di ricerca, la misura del PA in aree remote (Artide, Antartide, Isole Canarie, Capoverde), permette di studiarne l'im-

patto sul clima planetario. Un'ulteriore applicazione delle tecniche con fasci di ioni è nel settore dei Beni Culturali. Lo studio della composizione dei materiali costituenti le opere d'arte, usando l'analisi con fasci di ioni ma anche la XRF (X Ray Fluorescence), entrambe tecniche non invasive né distruttive, è fondamentale per approfondire la conoscenza del patrimonio culturale. Altro grande contributo del LABEC nel campo del patrimonio artistico e archeologico sono le datazioni col radiocarbonio: se ne misura la concentrazione residua in un reperto con la tecnica AMS (Accelerator Mass Spectrometry), che richiede prelievi minimi di materiale (anche < 1 mg). Tutte le attività nel campo dei Beni Culturali sono svolte in collaborazione con i principali soggetti dedicati allo studio e alla conservazione del patrimonio, quali l'Opificio delle Pietre Dure, musei e soprintendenze.

Infine l'antenna Virgo per la rilevazione delle Onde Gravitazionali, esperimento dalle notevoli ricadute applicative, ha visto la partecipazione di ricercatori del Dipartimento di Fisica, di quello di Scienza dello Spazio e dell'INFN di Firenze; il coinvolgimento, iniziato nel 1996, era volto a costruire e testare i prototipi dei super-attenuatori che garantiscono l'isolamento sismico, il sistema di allineamento laser e l'elettronica di controllo per il congelamento inerziale: la fisica fiorentina ha dato il proprio contributo in tutti questi settori. Le complessità tecniche del rivelatore sono state affrontate e superate grazie all'interazione sia con officine artigianali, sia con impianti industriali dell'area pisana e della valle dell'Arno. La collaborazione LIGO-Virgo è stata insignita del premio Nobel per la fisica nel 2017.

3. Lo studio della Storia naturale non solo testimonianza storica

Anche le scienze naturali continuano a distinguersi a Firenze, più che in altre località italiane, per il loro forte legame con la città e la sua storia. Il nucleo più antico delle straordinarie collezioni del Museo di Storia Naturale di Firenze (dal 2018 facente parte del Sistema Museale di Ateneo) ci riportano al XV secolo, quando con l'affermarsi della dinastia medicea ha inizio quella marcata attenzione verso le «produzioni naturali» (minerali, rocce, piante, animali...) che proseguirà senza soluzione di continuità con la dinastia lorenesse fino ai nostri giorni. Possiamo dire che nei musei scientifici dell'Università di Firenze è conservata la «memoria profonda» di questa incessante ricerca sul mondo della Natura, una memoria, quindi, che è molto più antica dei cento anni dell'Università e spazia su territori molto più vasti di quello locale. Un momento fondamentale fu quello dell'istituzione, il 21 febbraio 1775, per volontà del Granduca Pietro Leopoldo, del museo illuminista della Specola nel Palazzo Bini Torrigiani di via Romana (Fig. 1).

Lo sviluppo delle scienze naturali a Firenze proseguì in strettissimo rapporto con le collezioni del Museo della Specola, che tuttavia, dal 1859 con l'istituzione del R. Istituto di Studi superiori pratici e di Perfezionamento e, dal 1924, dell'Università, subirono una dispersione in varie sedi cittadine perdendo la dimensione unitaria voluta da Pietro Leopoldo.



Figura 1 – Veduta del Real Museo di Fisica e d’Istoria Naturale dalla parte del Reale Giardino di Boboli. Incisione di Aniello Lamberti su disegno di Antonio Donati, 1783.

La ricerca e le scuole naturalistiche si svilupparono dunque in stretto contatto con i musei, risultando in una spiccata continuità genealogica di molte linee di ricerca scientifica che, pur adattandosi alle nuove esigenze teoriche, metodologiche e socio-politiche, si muovono all’interno di determinate tradizioni locali. Un esempio è l’antropologia, una materia per la quale Firenze vanta il primato istituzionale in Italia. Fin dalla fondazione del Museo di Antropologia ed Etnologia nel 1869, Paolo Mantegazza intendeva e difendeva le sue collezioni come grande archivio della diversità delle forme umane nel mondo (Barsanti e Landi 2014). Fu un indirizzo distintivo che i francesi chiamarono «l’*école de Florence*» e che si fondava su un approccio naturalistico e complesso, diametralmente opposto alle concezioni riduzioniste della scuola, altrettanto famosa, di Cesare Lombroso e dei suoi adepti che cercarono di definire determinati tipi umani assegnandoli precise capacità fisiche e psichiche. Il Museo di Antropologia e Etnologia rappresenta un viaggio straordinario nella biodiversità umana. Nei cento anni del nostro Ateneo rientrano purtroppo anche episodi e periodi tristi ed oscuri, come quello che vide esponenti di primo piano di questo Museo sostenere le teorie di supremazia della razza bianca che portarono alle leggi razziali del 1938. Insieme a varie ricerche di carattere più spiccatamente etnografico culturale (da segnalare i progetti di antropologia collaborativa con le popolazioni Yanomami del continente sudamericano, ad esempio) gli studi sui reperti ossei sono stati affiancati dalle metodologie dell’antropologia molecolare, un indirizzo – premiato nel 2022 con il Nobel allo svedese Svante Pääbo – che cer-

ca di ricostruire profili genetici di organismi fossili e di usare questi profili per chiarire la storia dell'evoluzione umana.

Come l'antropologia, anche altre discipline delle scienze naturali fiorentine hanno origine in tempi che risalgono ben oltre la fondazione dell'università e vantano distinte tradizioni pur rinnovandosi nel tempo. Se fino all'Ottocento lo studio degli animali non può vantare a Firenze personaggi di alto livello, alcuni settori, in particolare l'erpetologia (lo studio dei rettili e degli anfibi) e l'entomologia (lo studio degli insetti) hanno trovato importanti cultori. Così non sorprende vedere gli insetti diventare a Firenze uno dei più famosi organismi modello per gli studi sociobiologici. A partire dagli anni Sessanta, Leo Pardi studiò a Firenze, oltre alla capacità d'orientamento del crostaceo *Talitrus saltator*, le cause dell'organizzazione sociale e gerarchica delle vespe *Polistes*, iniziando così lo studio moderno dell'etologia (che lui chiamò ecologia comportamentale) in Italia e ottenendo nel 1989 il prestigioso premio Balzan. In linea con le maggiori tradizioni naturalistiche ma anche sperimentali fiorentine, Pardi sviluppò uno stile peculiare, da lui chiamato «sperimentalismo naturale», contraddistinto da una combinazione tra il metodo osservativo della storia naturale, quello comparativo dell'anatomia, le tecniche sperimentali dell'embriologia e della fisiologia e alcune idee base della sociologia umana. Risultava essere un metodo d'indagine assai fecondo che, esteso anche sulle ricerche di altri animali, creò una scuola che produce importanti risultati ancora oggi.

Le collezioni storiche e le discipline ad esse più strettamente collegate, come la sistematica e la tassonomia, furono a lungo ampiamente sottovalutate da ricercatori che in esse videro principalmente un'attività (minore) di catalogazione. Proprio queste discipline però mostrarono, a partire dagli anni Novanta, una notevole rinascita, anche grazie all'impulso di vari progetti di ricerca sviluppati dal Museo di Storia Naturale in collaborazione con Dipartimenti e Centri di ricerca internazionali. A titolo di esempio, la collaborazione iniziata nel 2010 con il Vietnam National Museum of Nature di Hanoi realizzata attraverso dieci spedizioni e che ha portato notevoli contributi alle conoscenze sulla biodiversità in questo paese.

Anche nel campo della Botanica giocano un ruolo di primo piano le collezioni 'viventi' dell'Orto Botanico (il terzo più antico al mondo, fondato nel 1545 dal Granduca Cosimo I de' Medici) e quelle 'secche' degli Erbari del nostro Ateneo. L'Erbario Centrale Italiano (fondato nel 1842), il Regio Erbario e Museo Coloniale (trasferito nel 1914 da Roma a Firenze e nel 1969 rinominato in Erbario Tropicale), oggi chiamato Centro Studi Erbario Tropicale e l'Erbario crittogamico (che cioè raccoglie alghe, funghi, licheni, muschi e simili), di origine medicea, hanno assegnato al capoluogo toscano un ruolo di spicco nella botanica nazionale e internazionale. Oggi l'Erbario di Firenze comprende alcune tra le più antiche raccolte ed è tra i dieci più grandi erbari al mondo per numero di campioni. Per Firenze e i comuni limitrofi queste collezioni sono rivalorizzate non solo come preziosi inventari e memorie storiche delle molteplici forme di vita sul territorio, ma costituiscono una banca dati ottimale per gli studi ecologici e sui cambiamenti climatici. Tra i più ambiziosi progetti degli ultimi decenni pos-

sono annoverarsi il database RE.NA.TO (Repertorio Naturalistico Toscano), i progetti MONITORARE e Nat.Ne.T per la protezione e il miglioramento degli habitat toscani e il BioMarT (Biodiversità Marina in Toscana), ai quali collaborano biologi professionisti e dilettanti delle più svariate aree disciplinari e che coinvolgono anche i giardini e i parchi di Firenze e dintorni (Poggesi, Vanni e Cianfanelli 2009). Numerosi sono inoltre i finanziamenti nazionali e internazionali per progetti sulle specie aliene invasive e il loro impatto sugli ecosistemi e sulle economie locali.

Un ruolo importante nei cento anni di vita del nostro Ateneo lo hanno avuto anche le ricerche e gli studi di scienze geologiche, paleontologiche e mineralogiche, che hanno coinvolto profondamente curatori e collezioni dei Museo di Geologia e Paleontologia e del Museo di Mineralogia (adesso confluito nel Museo della Specola di via Romana). Possiamo ricordare alcune figure emblematiche che hanno contrassegnato la storia novecentesca di questi due Musei. Da un lato Augusto Azzaroli, che fin dagli anni Cinquanta del secolo scorso fece oggetto di approfondite analisi le ricche collezioni paleontologiche fiorentine stabilendo relazioni internazionali con colleghi di università e musei di tutto il mondo che proseguono tuttora. Sul versante della Mineralogia, Guido Carobi e soprattutto il suo allievo Curzio Cipriani (che ha diretto il Museo di Storia Naturale per oltre venti anni) hanno dato un notevole impulso alle collezioni adoperandosi a conservarle, potenziarle e migliorarne la fruizione.

4. Non solo proteine: studi strutturali e biochimici per lo sviluppo di nuovi farmaci e vaccini

Gli studi a livello molecolare della materia vivente sviluppatasi presso l'Ateneo fiorentino, presupposto per i progressi di medicina e farmacologia, hanno trovato terreno fertile grazie a una sinergia virtuosa con il tessuto socio-economico della città. L'Azienda Farmaceutica Menarini fondata a Napoli nel 1886 si trasferì a Firenze nel 1915, divenendo in seguito una realtà industriale internazionale, presente in ben 140 Paesi; la Molteni Farmaceutici fu fondata a Firenze nel 1892; l'Istituto Chimico Farmaceutico Militare, istituito a Torino nel 1832, si spostò a Firenze nel 1931 per rimanervi anche ai giorni nostri. Nel Dopoguerra arrivarono le prime filiali italiane di due grandi gruppi industriali: Eli Lilly a Sesto Fiorentino e Boehringer Ingelheim a Reggello. È indubbio, quindi, che la storia delle discipline della scienza della vita a livello molecolare, peraltro molto recente, ha determinato un'osmosi assai feconda con queste realtà del mondo farmaceutico.

Al tempo dell'istituzione dell'Università fiorentina la materia vivente era esclusivamente oggetto di studi di tipo morfologico e osservazionale. Solo sul finire degli anni Cinquanta ebbe inizio la storia fiorentina della biochimica, disciplina che affronta la biologia a partire dallo studio delle molecole che costituiscono gli organismi. Inizialmente definita come Chimica Biologica, la biochimica si sviluppò a Firenze e in larga parte d'Italia, come settore della Fisiologia e fu riconosciuta fin da principio materia basilare per gli studi della moderna medici-

na, divenendo negli anni disciplina fondamentale per la formazione universitaria in numerosi ambiti scientifici e materia di frontiera negli studi maggiormente applicativi, come per esempio quelli biotecnologici e farmacologici. Gli anni pionieristici della ricerca biochimica, indirizzati verso lo studio della struttura e della funzione delle biomolecole e la caratterizzazione delle reazioni chimiche responsabili dei processi metabolici, videro la sede fiorentina molto attiva grazie ai primi docenti della disciplina, Vincenzo Baccari e soprattutto Giampietro Ramponi. Quest'ultimo, avvalendosi di metodologie molto avanzate per i tempi, avviò studi strutturali e funzionali di proteine, le biomolecole più numerose e versatili, che hanno poi contraddistinto l'attività di ricerca della biochimica fiorentina fino a oggi. I primi studi di Ramponi e dei suoi collaboratori (Camicci, Cappugi, Manao) furono attuati ben prima che, a seguito della decifrazione del codice genetico, la biologia molecolare e le metodologie correlate si sviluppassero e potessero rendere più agevole l'approccio sperimentale. Per affrontare lo studio della struttura di proteine enzimatiche (responsabili di specifiche reazioni chimiche all'interno delle cellule) e comprenderne l'esatto meccanismo di azione, fu necessario isolarle da fonti naturali facilmente reperibili, impiegando metodologie capaci di mantenerne la complessa struttura tridimensionale, essenziale per lo svolgimento della loro funzione, per effettuare poi sulle proteine pure in soluzione la caratterizzazione funzionale.

Un altro importante successo della biochimica fiorentina fu la messa a punto di tecniche *ad hoc* che, applicate agli enzimi, consentirono di ottenerne la sequenza, cioè l'ordine preciso con il quale i componenti delle proteine, definiti aminoacidi, si legano gli uni agli altri, e che costituisce il punto di partenza per l'assunzione della specifica conformazione tridimensionale. La comparazione della sequenza degli aminoacidi della medesima tipologia di proteina isolata da specie animali diverse contribuì alla caratterizzazione delle componenti amminoacidiche essenziali per l'espletamento delle funzioni enzimatiche. Le competenze maturate nello studio della struttura delle proteine negli anni in cui la disciplina biochimica si sviluppava e affermava hanno consentito successivamente alla scuola fiorentina di emergere a livello internazionale nella caratterizzazione delle alterazioni strutturali di specifiche proteine che contraddistinguono le malattie neurodegenerative, una per tutte il morbo di Alzheimer.

In parallelo a queste esperienze della scuola biochimica, a Firenze si sviluppò un filone che, partendo dalla chimica di coordinazione della scuola di Luigi Sacconi, ampliò il suo dominio allo studio di metalloproteine, cioè quell'ampio sottoinsieme che comprende circa il 30% delle proteine codificate dal genoma dei vari organismi, per le quali la presenza di uno o più ioni metallici è essenziale per la funzione e/o la struttura della proteina. Per lo studio di questi sistemi le conoscenze di chimica inorganica devono quindi andare a fondersi con quelle di biologia molecolare e della *protein chemistry* in generale, contribuendo alla nuova disciplina della Chimica bioinorganica, che vide Ivano Bertini come fondatore e aggregatore di esperienze internazionali. In Chimica bioinorganica il *focus* si sposta sul metallo, quale centro chiave della reattività, ma anche sorgente di informazioni spettroscopiche e strutturali. Bertini fu uno dei pionieri a livel-

lo internazionale nello sviluppo dell'applicazione della tecnica di spettroscopia di NMR a sistemi metallici contenenti elettroni spaiati e con il suo gruppo (in particolare Luchinat e Banci) riuscì a sfruttare le caratteristiche di tali ioni per "illuminare" la struttura della proteina che lo circonda.

Dopo la determinazione della prima struttura di una proteina ferro-zolfo nel 1994, l'approccio fu esteso a una grande varietà di metalloproteine contenenti diversi ioni metallici e il gruppo di Firenze crebbe come centro di riferimento internazionale per la Biologia Strutturale via NMR, anche attraverso importanti investimenti in strumentazione. Si arrivò così nel 1999 alla creazione del centro di risonanze magnetiche (CERM) dell'Università di Firenze, oggi nodo italiano della infrastruttura di Biologia Strutturale integrata INSTRUCT-ERIC.

Negli ultimi decenni molta attività di ricerca nell'ambito della biologia strutturale inorganica si è concentrata sulla biogenesi di metalloproteine e/o il loro *fold-
ing*, con importanti ricadute per la comprensione delle basi molecolari di malattie genetiche ma anche per il controllo di agenti patogeni. L'NMR in biologia riveste inoltre un ruolo importante nella *pipeline* dello sviluppo di farmaci, per la capacità di effettuare un efficiente *screening* e guidare la loro progettazione razionale. Altri ambiti di applicazione sono la valutazione della stabilità strutturale di farmaci biologici quali gli anticorpi monoclonali, una visione tridimensionale finalizzata alla messa a punto di nuovi vaccini nel campo della vaccinologia strutturale e infine la quantificazione di piccole molecole a livello cellulare, tissutale o sistemico come bio-marcatore di patologie e della risposta ai trattamenti farmacologici.

Appare evidente, dunque, quanto il rapporto con le attività industriali e di ricerca e sviluppo in campo farmaceutico e biotecnologico presenti sul territorio abbiano rappresentato uno stimolo per avviare significative ricerche di base nell'ambito di studi strutturali e biochimici e al contempo gli esiti di queste ricerche abbiano consentito di potenziare il trasferimento tecnologico al suddetto tessuto produttivo.

5. Matematica a Firenze. Uno sportello per l'esterno: istruzione, imprese, sanità, sicurezza informatica, statistica

I Dipartimenti di Matematica e Informatica Ulisse Dini (DIMAI) e di Statistica, Informatica, Applicazioni Giuseppe Parenti (DISIA) offrono corsi di laurea triennali e magistrali che formano laureate e laureati in grado di svolgere efficacemente un ampio spettro di professioni sempre più richieste in una società in continua evoluzione come quella attuale; essi si pongono come fondamento preparatorio necessario alle esigenze della comunità. Inoltre, al di là dell'attività di ricerca in matematica pura, consistente nello sviluppo di teorie e tecniche nuove per affrontare problemi matematici non ancora risolti, la ricerca matematica affronta anche numerosi altri problemi, studiati per la loro importanza in vista delle applicazioni ad altre scienze, all'industria e più in generale al mondo delle professioni. Iniziamo illustrando l'area di ricerca i cui risultati hanno potenzialmente influenzato e influenzano ogni cittadino (ex studente) che abbia frequentato la scuola, ovvero la didattica (della matematica e della statistica). Successivamente

saranno illustrati alcuni problemi attuali in campo informatico, statistico e alcune applicazioni dirette della matematica (modelli matematici e sportello matematico).

La didattica è un'area di ricerca che si occupa dello studio dei processi di apprendimento e insegnamento e i cui risultati teorici hanno una ricaduta nel miglioramento dell'insegnamento e pertanto nella formazione scientifica delle nuove generazioni. Gli studi in questo campo si basano su una dialettica tra elaborazione teorica e sperimentazione didattica, nella quale il dialogo tra ricercatori e insegnanti di ogni livello scolare assume un ruolo centrale. Diversi docenti dei due Dipartimenti già menzionati sono inoltre impegnati nella formazione, iniziale e continua, di insegnanti, della scuola dell'infanzia e primaria, della scuola secondaria di primo e di secondo grado. Ricaduta effettiva delle diverse attività, di ricerca in didattica e di formazione insegnanti, è la presenza di reti di insegnanti che collaborano con i Dipartimenti con effetti concreti nel mondo della scuola e, in generale, nel territorio.

Collegato al DIMAI, configurandosi come un centro di educazione permanente al servizio della scuola e della comunità, è il Giardino di Archimede-Museo della Matematica. Fondato nel 1999 è stato il primo museo in assoluto dedicato completamente alla matematica e alle sue applicazioni. La struttura del museo è essenzialmente interattiva: non si tratta di porre il visitatore (in particolare le scolaresche) davanti a vetrine da guardare o cartelli da leggere, ma di coinvolgere in una serie ordinata di esperimenti, studiati in modo da far emergere dalla fisicità degli oggetti la struttura matematica soggiacente.

Sia il DIMAI che il DISIA partecipano a progetti nazionali di orientamento e contrasto all'abbandono dell'università come il Piano Lauree Scientifiche (PLS) e l'ultima sperimentazione nazionale nota come *Liceo matematico*. L'attivazione del Liceo Matematico da parte di un istituto superiore convenzionato con i Dipartimenti – che formano e aggiornano i docenti coinvolti con corsi e laboratori – prevede l'uso delle ore di potenziamento (almeno una a settimana) per lo sviluppo in classe di attività laboratoriali interdisciplinari che coinvolgono la fisica, le scienze naturali, l'arte, la letteratura, allo scopo di ampliare la formazione culturale degli studenti e di svilupparne le capacità critiche promuovendo al contempo l'attitudine alla ricerca. Di recente, è stata avviata una collaborazione del DIMAI con il Center for Advanced Research on Mathematics Education che ha sede a Pistoia, ed è finalizzato alla promozione della ricerca all'avanguardia nel campo della didattica della matematica e punto di riferimento per la formazione di insegnanti e per la promozione della cultura matematica.

I due Dipartimenti si sono resi protagonisti durante i drammatici mesi della pandemia Covid di intense attività di ricerca avanzata a sostegno del sistema sanitario (per i dettagli si consultino i seguenti due *link*: <https://doi.org/10.1002/mma.7039> e <https://www.disia.unifi.it/vp-269-ricerca-disia-su-covid-19.html>). A seguito del rischio di contagio, l'11 marzo veniva decretato un *lock-down* per l'intera Nazione con un grande impatto sulle nostre abitudini. Eravamo tutti in attesa di passare il picco del contagio per intravedere nuove prospettive. A questo fine, utilizzando un modello matematico noto nella letteratura (SIR), con un collega dell'Università di Bari, docenti del DIMAI cominciarono a fare previsioni,

stimando i parametri del modello mediante i dati resi disponibili giornalmente dalla Protezione Civile. I grafici delle previsioni furono messi in rete ad accesso aperto e, anche un po' sorprendentemente, si verificò che erano tante le persone interessate. Ben presto il modello SIR si dimostrò inadeguato e, pertanto, fu sviluppato un nuovo modello che tiene conto delle specificità del virus. Nel proseguo della pandemia, grazie all'interazione con un collega esperto di *data science* di Brescia, iniziò un sodalizio scientifico che ebbe notevole risonanza mediatica: furono promossi un importante evento web organizzato dalla Associazione Italia Digitale, nonché una diretta Facebook. Uscirono articoli sulla stampa nazionale che pubblicizzarono questa attività, e nacque un *crowdfunding* spontaneo per acquistare due calcolatori in grado di fare più rapidamente i calcoli richiesti dal modello. Quest'ultimo risultò essere assai accurato: il picco raggiunto il 19 aprile 2020 fu previsto con buona accuratezza con venti giorni di anticipo (per i dettagli si rimanda alla Figura 4 in <https://doi.org/10.1002/mma.7039>).

Sempre nell'ambito delle interazioni con la realtà territoriale e socioeconomica della città, il DIMAI (in particolar modo il gruppo di Fisica Matematica), nel corso degli ultimi 25 anni ha collaborato attivamente con tantissime realtà, anche su scala regionale e nazionale, per problematiche di tipo industriale, ambientale, geologico, chimico e biomedico. In particolare, si cita l'esperienza di I2T3 (Innovazione Industriale Tramite Trasferimento Tecnologico), una ONLUS senza fini di lucro, fondata all'inizio degli anni 2000 su iniziativa di Mario Primicerio, che ha messo a disposizione del territorio toscano competenze accademiche (matematiche e non solo) in una serie di progetti (molti dei quali finanziati dalla Regione Toscana) di innovazione e di sviluppo. Fra i progetti più importanti di I2T3 ricordiamo MACGEO (Indagine geochimica ed isotopica delle sorgenti termali ed oligo-minerali dell'area amiatina), CREA (modellizzazione fisico-matematica del processo di neutralizzazione di acque acide nella zona delle Colline Metallifere), SPHERIPOL (studio del processo di polimerizzazione Ziegler-Natta), SID & GRID (Simulazione e sistemi IDroinformatici per la Gestione delle Risorse IDriche). In tutti questi progetti, le competenze strategiche riguardano la modellizzazione matematica e la simulazione numerica di processi fisici come la diffusione, le transizioni di fase, la fluidodinamica e la dinamica delle frontiere libere. Il DIMAI collabora adesso con lo SMII (Sportello Matematico per l'Innovazione e le Imprese), una realtà di trasferimento tecnologico su scala nazionale, con sede a Roma, fondata nel 2012 su iniziativa dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo del CNR. A differenza di I2T3 lo SMII offre competenze matematiche specificamente per le imprese, ed è piuttosto una struttura di coordinamento tra il mondo delle imprese e le strutture di ricerca.

6. La scienza per la conservazione e il restauro dei beni culturali: dalla ricerca alla didattica

Come descritto nell'introduzione, i tragici eventi dell'alluvione del 4 novembre 1966 determinarono una situazione di deterioramento del patrimonio culturale tanto drammatica, quanto estremamente complessa da affrontare con

il bagaglio di competenze che il mondo della conservazione e del restauro poteva allora vantare. L'esperienza dei restauratori, seppure importante e fondamentale, non fu sufficiente per affrontare le diverse criticità, che richiedevano soluzioni spesso in tempi assai brevi, al fine di scongiurare la definitiva perdita delle opere danneggiate. Problematiche fino ad allora non conosciute richiesero competenze scientifiche, che trovarono una pronta risposta da parte di molti docenti e ricercatori dell'Università. Nei mesi e negli anni successivi si consolidò conseguentemente un legame, successivamente rafforzato e ormai indissolubile, tra scienza e restauro. Nei primi momenti dell'emergenza fu la sensibilità di chimici, biologi e geologi dell'Università di Firenze a supportare i restauratori e gli storici dell'arte, grazie alla scelta di metodologie basate sulla conoscenza dei materiali coinvolti per rimuovere, ad esempio, i materiali contaminanti senza intaccare i componenti dell'opera d'arte. Analogamente la diagnostica necessaria per gli interventi di restauro si sviluppò grazie alla collaborazione di fisici della stessa Università e degli Istituti di Ricerca del CNR. Fu così che nei laboratori dell'Università e del CNR nacquero gruppi di ricerca di rilevanza internazionale per il settore della diagnostica applicata alla conservazione dei beni culturali.

L'esigenza di competenze scientifiche specifiche emerse da numerose, gravi criticità: la rimozione della nafta dal marmo e da film pittorici di affreschi o dipinti mobili, strutturalmente danneggiati dalla permanenza in acqua, richiese un'attenta valutazione scientifica delle proprietà dei materiali coinvolti. Il rigonfiamento di supporti e manufatti lignei, la pulitura e il consolidamento di materiali lapidei sollecitava inoltre, anche in ambito scientifico, la collaborazione di esperti di diverse discipline. Fiorirono in questo modo interazioni tra il mondo umanistico, quello tecnologico e quello scientifico che hanno portato successivamente ad applicazioni innovative con risoluzioni rivoluzionarie, non solo dei problemi creati dall'alluvione, ma più in generale di varie patologie di degrado di opere d'interesse storico-artistico e architettonico. Tra i numerosi docenti dell'Università di Firenze che contribuirono per primi a queste ricerche si ricordano, fra gli altri, docenti esperti di chimica fisica come Enzo Ferroni (Dei 2023), di chimica organica come Giovanni Speroni, di chimica industriale come Franco Piacenti (Matteini et al. 2004), di microbiologia come Guglielmo Gargani, di mineralogia come Curzio Cipriani: grazie alla loro creatività furono messi a punto prodotti e metodologie per la conservazione e il restauro. Nacque così a Firenze negli anni che seguirono un felice connubio fra scienza e restauro, che si rivelerà nell'avvenire processo irreversibile e altamente virtuoso. È significativo, peraltro, che il plauso a questa proficua interazione fra il mondo scientifico e quello della conservazione e del restauro sia poi stato testimoniato da storici dell'arte, soprintendenti e restauratori, ossia da coloro i quali potevano tendenzialmente avere riserve sulla contaminazione dell'arte da parte della scienza. Gli scienziati universitari intuirono che dalla tragedia che aveva colpito Firenze e il suo strepitoso patrimonio culturale poteva scaturire una nuova scienza inter- e multi-disciplinare che avesse come fine la diagnostica e le terapie mirate per il recupero e la salvaguardia dei beni culturali. Insomma, *ex malo bonum!* Seguendo un'impostazione simile a quella che si stava affermando nel

campo della medicina, il mondo della scienza accademica suggerì che il futuro della conservazione e restauro dei beni culturali avrebbe dovuto obbligatoriamente avvalersi delle scienze cosiddette 'dure' e di tutte le tecnologie da esse derivanti – solo per fare un esempio si pensi al laser – per poter contribuire a costruire un restauro effettivamente 'scientifico'. E, va sottolineato, questa idea affondava le radici anche in una sorta di 'dovere civico' che quegli scienziati avvertirono, allorché s'accinsero a promuovere ciò che poi diventerà la scienza per i beni culturali.

L'impegno di svariate équipes dell'Università di Firenze per la ricerca scientifica applicata alla conservazione dei beni culturali proseguì successivamente anche dopo le prime emergenze dell'alluvione del 1966. Infatti, le esperienze di quel periodo avevano evidenziato come fondamentale la necessità di creare strutture di ricerca specifiche per il settore della conservazione dei beni culturali. Molti docenti dell'Ateneo, come Piacenti e Ferroni, che inizialmente si erano impegnati anche nella ricerca di fondi per il finanziamento del recupero delle opere d'arte, continuarono la loro azione creando centri di ricerca come quello del CNR per lo Studio sulle cause di deperimento e i metodi di conservazione delle opere d'arte, nato a Firenze nel 1974 e successivamente anche a Roma e Milano, centri ora riuniti nell'Istituto ICVBC del CNR. Oppure, nel 1993, il Consorzio interuniversitario per lo sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI).

L'azione dei singoli docenti universitari non fu solo operativa, finalizzata a fornire conoscenze, competenze e soluzioni innovative per la conservazione e il restauro, ma anche orientata a innescare fruttuose collaborazioni fra i ricercatori scientifici universitari e il laboratorio scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure nato nel 1975 presso la Fortezza da Basso. È interessante e significativo osservare come queste nuove strutture per lo studio scientifico dei problemi di conservazione delle opere d'arte ebbero origine proprio a Firenze, dal primo nucleo scientifico di esperti formato a seguito dell'alluvione del 1966, rispecchiando la multidisciplinarietà e la interdisciplinarietà valorizzate in quegli anni. Infatti, all'interno di questi gruppi di ricerca, fu sempre più evidente l'importanza delle interazioni tra le diverse discipline scientifiche per un contributo interattivo nella scienza per la conservazione dei beni culturali. Già negli anni dell'alluvione era infatti emersa come fondamentale la collaborazione di chimici con geologi, fisici, biologi, tecnologi del legno, ingegneri, ma ancora di più risultava fondamentale la nascita di un percorso di formazione di scienziati per la conservazione (*conservation scientist*) in grado di formare figure professionali complementari a restauratori e storici dell'arte con competenze multidisciplinari, soprattutto mirate al settore della conservazione. Fu proprio a Firenze, infatti, che s'inaugurò, grazie all'azione di docenti dell'Università, il primo percorso universitario in tal senso. Prima un corso di perfezionamento post-laurea, accompagnato poco dopo da un dottorato di ricerca, e ancora da un corso di diploma triennale, successivamente trasformato nell'attuale corso di laurea triennale in Diagnostica e materiali per la conservazione e il restauro, e successivamente completato, come percorso formativo, dalla promozione della laurea magistrale in Scienza e materiali per la conservazione e il restauro. Questi nuovi percorsi formativi, nati

dalle esigenze maturate dalla tragica esperienza dell'alluvione, sono attualmente supportati nell'Università di Firenze dalla presenza di laboratori di ricerca di importanza internazionale nel settore della scienza per i beni culturali.

In conclusione, il caso delle discipline scientifiche applicate alla conservazione e restauro dei beni culturali, così come sviluppatosi presso l'Ateneo fiorentino negli ultimi circa sei decenni, è emblematico di come la sua relazione centenaria con la città abbia creato i presupposti per sviluppare un nuovo approccio al restauro e ricerche scientifiche innovative successivamente sviluppatasi su scala planetaria. Insomma, non solo *ex malo bonum*, ma anche *ex civitate universitas!*

Riferimenti bibliografici

- Casalbuoni, Roberto, Dominici Daniele e Giuseppe Pelosi. 2019. *Enrico Fermi a Firenze. Le «Lezioni di Meccanica Razionale» al biennio propedeutico agli studi di Ingegneria: 1924-1926*. Firenze: Firenze University Press.
- Casalbuoni, Roberto, Dominici Daniele e Massimo Mazzoni. 2021. *Lo spirito di Arcetri. A cento anni dalla nascita dell'Istituto di Fisica dell'Università di Firenze*. Firenze: Firenze University Press.
- Matteini, Mauro et al. 2004. "Supplemento In onore di Franco Piacenti." *Kermes* 56, 7.
- Dei, Luigi. 2023. "Enzo Ferroni (1921-2007): the History of an Eclectic Chemist." *Substantia* 7, 2: 83-100. DOI: 10.36253/Substantia-2055.
- Barsanti, Giulio e Mariangela Landi. 2014. "Fra anatomia, etnologia e psicologia comparata: il museo della 'storia naturale dell'uomo': Paolo Mantegazza e Aldobrandino Mochi." In *Il Museo di Storia naturale dell'Università degli Studi di Firenze. Volume 5: Le collezioni antropologiche ed etnologiche*, a cura di . Moggi Cecchi e S. Roscoe, 3-21. Firenze: Firenze University Press. DOI: 10.36253/978-88-6655-611-4.
- Poggesi, Marta, Vanni Stefano e Simone Cianfanelli. 2009. "Il Museo e le ricerche sulla biodiversità." In *Il Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze. Volume 1. Le collezioni della Specola: zoologia e cere anatomiche*, a cura di G. Barsanti e G. Chelazzi, 252-78. Firenze: Firenze University Press. DOI: 10.36253/978-88-8453-848-2.